氣候變遷對農作物生產之影響
第9章　氧化亞氮對農作物生產之影響及其
因應策略　140-149, 1998



# 第九章 氧化亞氮對農作物生產之影響及其因應策略

賴朝明　楊盛行
國立台灣大學農業化學系

摘要……142
壹、前言……142
貳、氧化亞氮之產生……142
參、氧化亞氮對農作物生產之影響……143
肆、因應策略……143
伍、結語……144
陸、參考文獻……144
英文摘要……149

# 第九章 氧化亞氮對農作物生產之影響及其因應策略

賴朝明 楊盛行
國立台灣大學農業化學系

## 摘 要

大氣中氧化亞氮濃度之增加，會引起氣溫之上升，進而影響農作物之生產，屬於間接影響，如(1)種植制度，多熟制的界限北移，(2)複種指數增加，(3)水稻生育期縮短，(4)越冬期縮短，(5)作物越夏條件改變。此外，氣溫增加，農作物蟲害發生會增加，農藥用量亦會增加。而氣溫增加，土壤施氮肥量亦會相對隨之增加。文獻上尚無氧化亞氮對農作物生產直接影響之報告。而其因應策略主要為提高施用氮肥之利用率，包括：配合作物需要提供氮肥、緊縮氮素之循環、使用先進肥料技術、及適當耕犛、灌溉與排水等，此外還有減少森林砍伐的速率、避免於動物飼料中添加過量之蛋白質以及避免社會對蛋白質過量消耗等策略，亦可減少氧化亞氮產生，進而減少氧化亞氮對農作物生產之影響。

**關鍵詞**：氧化亞氮、農作物生產、溫室氣體、全球變遷、因應策略。

## 壹、前言

氧化亞氮(nitrous oxide, $N_2O$)為大氣的成分之一，知之已久(超過50年)(Adel, 1939)，其含量由工業革命之前的280 ppb，已逐年上升至目前的310 ppb左右，且每年以0.25%的速率上升中。其每分子的輻射效應為每分子二氧化碳的二百倍，且其存於大氣中的時間長達150年。此外，氧化亞氮會催化破壞同溫層中的臭氧層，使進入生物圈中的紫外線增加；因此，氧化亞氮在大氣中的濃度雖不及其他「溫室效應」氣體(如二氧化碳、甲烷)的濃度高，但它的重要性卻是不容被忽視的。根據Schlesinger (1991)之歸納，目前對$N_2O$之瞭解其源(source)與匯(sink)間仍無法平衡，而有待吾人繼續深入研究(Schlesinger, 1991)。近年來，氧化亞氮方面的研究(Bremner, 1997; Butterbach-Bahl *et al.*, 1997 ; Chen *et al.*, 1997; Houghton *et al.*, 1995; Hua *et al.*, 1997; Hubbard and Flores-Mendoza, 1995; Jambert *et al.*, 1997a, 1997b; Matson, 1997; Minami, 1997; Mosier *et al.*, 1997; Tsuruta *et al.*, 1997; Wang and Zhao, 1995; Watanabe *et al.*, 1997; Whyte, 1995; Xing and Zhu, 1997; Yoh *et al.*, 1997)日漸增多，其減量之研究(Cole *et al.*, 1995; Freney, 1997; Sathaye and Meyers, 1995)亦漸受重視。氧化亞氮對農作物生產影響之文獻幾無，但全球變遷與農業關係之文獻則較多(林, 1995; 楊, 1995; Follett, 1993; Iglesias *et al.*, 1996; Rosenzweig and Parry, 1994; Scholes and Van Breemen, 1997; Stooksbury and Michaels, 1994; Wang and Zhao, 1995; Whyte, 1995; Wijeratne, 1996; Yue *et al.*, 1997)。本章主要的重點是說明氧化亞氮對農作物生產之直接影響與間接影響及其因應之各種策略，以供各界參考。

## 貳、氧化亞氮之產生

土壤中氧化亞氮之產生進而釋入大氣中，除了少量(如果有的話)藉由化學脫氮作用( chemodenitrification)，主要還是藉由以下兩個微生物的過程：

硝化作用(nitrification)：

$$NH_4^+ \longrightarrow NH_2OH \xrightarrow{\uparrow N_2O} NO_2^- + NO_3^-$$

脫氮作用(denitrification)：

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow \overset{\uparrow}{N_2O} \longrightarrow N_2$$

而加入土壤中氮之含量，通常亦會增加 $N_2O$ 自土壤之釋出。此等方式包括(1)大氣之沉降，(2)化學肥料，(3)動物廄肥及植物殘體，(4)生物性固氮作用，(5)土壤有機質之礦化(Bouwman, 1990)。而影響土壤中 $N_2O$ 產生之重要因子包括土壤水分含量、溫度、硝酸鹽及銨鹽的濃度、有機碳含量及pH。此外由於這些物理、化學、生物性因子彼此間之作用非常複雜，造成上述農業系統中 $N_2O$ 之釋出通量在時間上及空間上均有變異(Bremner and Blackmer, 1978; Clayton et al., 1994)。著者在台灣亦有若干相關研究成果(Lai, 1995; Lai *et al.,* 1996; Lai *et al.,* 1997)，可供參考。

在農業生產之體系中，氧化亞氮之產生，還有以下兩種方式：生質燃燒(biomass burning)及土地使用改變(land use change)，後者如熱帶雨林改變為農業用地使用(Schlesinger, 1991)。

## 參、氧化亞氮對農作物生產之影響

### 一、直接影響

有關氧化亞氮對農作物生產之直接影響，這方面的研究尚未見及。反之，農作物生產對土壤氧化亞氮釋出之影響則甚多。因為如前節所述，土壤之氧化亞氮釋出，主要源自施用化學肥料、有機肥料以及生物性固氮作用。農作物之生產，通常會施用化學肥料或有機肥料，因而造成了氧化亞氮之釋出。

### 二、間接影響

氧化亞氮濃度增加後，氣溫會增加(過去一百年來，氣溫大約上升了0.5℃)，進而會影響：(1)種植制度，多熟制的界限北移，(2)複種指數增加，(3)水稻生育期縮短，中國大陸地區每增高1℃，生育期日數平均縮短7-8日，(4)越冬期縮短，(5)作物越夏條件改變，許多季節疏菜作物會因高溫而不能生產。此外，氣溫增加，農作物蟲害發生會增加，因為氣溫增加會使害蟲繁殖量增加，且發生世代數增加。根據害蟲增加的世代數估算，溫度每增高2℃時，農藥用量將增加1/5至1倍，溫度每增高4℃時，農藥用量將增加1/3至2倍(王及徐, 1996)。溫度增高，速效氮肥的氮釋放量增大，在15-28℃下，溫度每增加1℃，速效氮的釋放量增加約4%。此外，溫度增高，速效氮的釋放速率亦加快。化肥施用量越大，速效氮的釋放量即越大；故氣溫增加，土壤施氮肥量亦會相對隨之增加(王及徐, 1996)。

氣溫增加對茶樹(巫, 1996; 鄭, 1996)、蓮霧(郭, 1996)、甘藷(賴等, 1996)、桑樹(林等, 1996)、盤固草(許等, 1996)、小白菜(翁等, 1996)、水稻(羅及陳, 1996)、大豆(楊等, 1996)、龍眼(章, 1996)等農作物之生長及產量亦均有所影響。高橋等人亦曾整理有關氣候變化與糧食生產關係的文獻(高橋及吉野, 1983)，指出「氣溫」與糧食作物生產有密切關係；特別是南亞、東南亞和東亞各國，近代氣候變化對其糧食生產有很大的影響。

目前亦有許多文獻(Amien *et al.,* 1996; Barrow and Semenov, 1995; Buan *et al.,* 1996; Budyko and Menzhulin, 1996; Haskett *et al.,* 1995; Holland and Lamarque, 1997)，利用模式模擬氣候變化(包括氣溫、雨量)對農作物產量之影響，但尚未見及利用模式模擬氧化亞氮濃度之改變對農作物生產之影響。

## 肆、因應策略

一、藉由氧化亞氮之減量措施來因應(Cole *et al.*, 1997; IPCC, 1996)

肥料氮的利用低效率是造成農業系統中 $N_2O$ 產生之主要原因，因此任何提高肥料氮利用效率的策略，均可減少 $N_2O$ 之產生，以下措施可以配合使用，為目前世界上通行之農業管理措施。

(一)配合作物之需要提供氮肥：

1.利用土壤/植體分析來決定肥料氮的需要。(可避免過量或不足氮肥之施用)

2.減少休耕期以限制礦質氮之累積。(可進一步在兩期作之間栽種覆蓋作物以吸收礦化氮)

3.調節氮肥分施時期。(依各作物之生理期對肥料之不同需要，決定各作物適當之分施時期)

4.在作物生產過盛地區，以氮肥施用量配合減產。(即減少氮肥用量，可減少 $N_2O$ 之釋放)

(二)緊縮氮素之循環：

1.在植物之生產過程中，以廄肥之再利用整合動物與作物生產之系統。(儘量縮短廄肥製備、貯存、搬運及使用的時間)

2.留置植物殘體於原生產地。(可加速殘體之分解及氮素之循環並避免生質燃燒)

(三)使用先進肥料技術：

1.使用控制釋放或緩效性肥料(controlled release or slow release fertilizer)。[例如裹硫尿素(sulphur coated urea)(Craswell *et al.*, 1985)，可減少尿素肥料之損失及 $N_2O$ 之釋放]

2.置肥料於土壤表面下面、或深施(Youngdahl *et al.*, 1986)、條施(Malhi and Nyborg, 1991)。(可增加肥料之利用率)

3.使用硝化作用抑制劑(nitrification inhibitors)。[例如 dicyandiamide, nitrapyrin,或 wax coated $CaC_2$；其中 wax coated $CaC_2$ 應用於施尿素之玉米田、小麥田和水田時，証明其對硝化作用有抑制之效果(Minami, 1997; Mosier *et al.*, 1994)]

4.配合季節雨使用不同型式之肥料。

(四)適當耕犁、灌溉與排水(Rolston *et al.*, 1982)。

二、其他因應策略

比較有效的有以下三種：

(一)減少砍伐森林的速率。

(二)避免於動物飼料中添加過量的蛋白質。

(三)避免社會對蛋白質過量消耗。

## 伍、結　語

大氣中氧化亞氮濃度之增加會導致氣溫上升，進而影響農作物之生產，屬於間接影響，如(1)種植制度，多熟制的界限北移，(2)複種指數增加，(3)水稻生育期縮短，(4)越冬期縮短，(5)作物越夏條件改變。此外，氣溫增加，農作物蟲害發生會增加，農藥用量亦會增加。而氣溫增加，土壤施氮肥量亦會相對隨之增加。氧化亞氮濃度之增加對農作物生產之直接影響，文獻上尚未見及。至於其因應策略主要為提高施用氮肥之利用率，包括：配合作物需要提供氮肥、緊縮氮素之循環、使用先進肥料技術及適當耕犛、灌溉與排水等，此外還有減少森林砍伐的速率、避免於動物飼料中添加過量之蛋白質及避免社會對蛋白質過量消耗等，亦可減少氧化亞氮產生，進而減少氧化亞氮對農作物生產之影響。

## 陸、參考文獻

王修蘭 徐師華. 1996. 二氧化碳、氣候變化與農業氣象出版社，北京市.

巫嘉昌. 1996.「茶園間植田菁之微氣象對茶葉化學成分及品質之影響」p.357-368. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

林洋三　林進財 張銘文 蘇紹璋. 1996. 桑葉

生產與氣象條件之關係. p.261-268. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

林鴻琪. 1995. 台灣農業生產對氣候變遷因應之道. p.57-63. 氣候變遷與農業生產. 楊盛行編. 中國農業化學會及行政院農業委員會，台北市。

翁仁憲 漆匡時 許苑培 戴振洋 郭孚燿 林文助 楊文振 陳任芳. 1996. 氣象因子對不同地區小白菜生育之影響. p.277-286. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

郭同慶. 1996. 氣溫對屏東地區冬季蓮霧生產之影響. p.243-250. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

高橋浩一郎 吉野正敏. 1983. 氣候變化與糧食生產. 氣象出版社，北京市.

許福星 洪國源 鄭俊哲. 1996. 氣象因子及灌溉對盤固草生產力及乾草品質之影響. p.269-276. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

章加寶. 1996. 氣象條件對龍眼流蜜及蜜蜂採蜜之影響. p.345-356. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

楊純明 李裕娟 蘇慕容. 1996. 氣象因子對大豆生產之影響. p.313-330. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

楊盛行. 1995. 氣候變遷與農業生產，p.65-83. 氣候變遷與農業生產，楊盛行編，中國農業化學會及行政院農業委員會，台北市。

鄭混元. 1996. 東南部茶區氣候條件對茶樹芽葉生育之影響. p.225-242. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

賴永昌 李炳和 劉復誠. 1996. 氣象因子對甘藷塊根產量之影響. p.251-260. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

羅正宗 陳一心. 1996. 氣象因子對水稻生育量及產量評估技術探討. p.287-296. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. 台灣省農業試驗所，台中縣.

Adel, A. 1939 Note on the atmospheric oxides of nitrogen. Astrophys. J. 90:627.

Amien, I., P. Rejekiningrum, A. Pramudia and E. Susanti. 1996. Effects of interannual climate variability and climate change on rice yield in Java, Indonesia. Water, Air, and Soil Pollution 92:29-39.

Barrow, E. M. and M. A. Semenov. 1995. Climate change scenarios with high spatial and temporal resolution for agricultural application. Forestry 68:349-360.

Bouwman, A. F. 1990. Exchange of greenhouse gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. p.62-127. *In* : Bouwman, A. F. (ed.) Soil and the Greenhouse Effect. John Wiley and Sons, New York.

Bremner, J. M. and A. M. Blackmer. 1978. Nitrous oxide: Emissions from soils during nitrification of fertilizer nitrogen. Science 199: 295-296.

Bremner, J. M. 1997. Sources of nitrous oxide in soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49:7-16.

Buan, R. D., A. R. Maglinao, P. P. Evangelista and B. G. Pajuelas. 1996. Vulnerability of rice and corn to climate change in the

philippines. Water, Air and Soil Pollution 92:41-51.

Budyko, M. I. and G. V. Menzhulin. 1996. Climate change impacts on agriculture and global food production : options for adaptive strategies. p.107-203. *In* : J. B. Smith et al. (ed). Adapting to Climate Change: an International Perspective. Springer, New York.

Butterbach-Bahl, K., R. Gasche, L. Breuer and H. Papen. 1997. Fluxes of NO and $N_2O$ from temperate forest soils: impact of forest type, N deposition and of liming on the NO and $N_2O$ emissions. Nutrient Cycling in Agroecosystems 48:79-90.

Chen, G. X., G. H. Huang, K. W. Yu, J. Wu and H. Xu. 1997. Nitrous oxide and methane emissions from soil-plant systems. 1997. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49:41-45.

Clayton, H., J. M. R. Arah and K. A. Smith. 1994. Measurement of nitrous oxide emissions from fertilized grassland using closed chambers. J. Geophys. Res. 99: 16599-16607.

Cole, V., C. Cerri, K. Minami, A. Mosier, N. Rosenberg and D. Sanerback. 1995. Agricultural options for mitigation of greenhouse gas emission. p. 745-771. *In*: R. A. Houghton et al (eds.) Climate Chage. Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K.

Cole, C. V., J. Duxbury,. J. Freney, O. Heinemeyer, K. Minami, A. Mosier, K. Paustian, N. Rosenberg, N. Sampson, D. Sauerbeck and Q. Zhao. 1997. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49: 221-228.

Craswell, E. T., S. K. De Datta C. S. Weeraratne and P.L.G. Vlek. 1985. Fate and efficiency of nitrogen fertilizers applied to wetland rice. I. The Philippines. Fert. Res. 6:49-63.

Follett, R. F. 1993. Global climate change, U. S. Agriculture and carbon dioxide. J. Prod. Agric. 6:181-190.

Freney, J. R. 1997. Strategies to reduce gaseous emissions of nitrogen from irrigated agriculture. Nutrient Cycling in Agroecosystems 48:155-160.

Haskett, J. D., Y. A. Pachepsky and B. Acock. 1995. Estimation of soybean yield at county and state levels using GLYCIM: a case study for Iowa . Agron. J. 87:926-931.

Holland, E. A. and J. -F. Lamarque. 1997. Modeling bio-atmospheric coupling of the nitrogen cycle through $NO_x$ emissions and $NO_y$ deposition. Nutrient Cycling in Agroecosystems 48:7-24.

Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, J. Bruce, H. Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris and K. Maskell. 1995. Climate Change 1994. p.27-28. Cambridge, New York.

Hua, X., X. Guangxi, Z.-C. Cai and H. Tsuruta. 1997. Nitrous oxide emissions from three rice paddy fields in China. Nutrient Cycling in Agroecosystem 49:23-28.

Hubbard, K. G. and F. J. Flores-Mendoza. 1995. Relating Unites States crop land use to natural resources and climate change J. Climate 8:329-335.

Iglesias, A., Lin Erda and C. Rosenzweig. 1996. Climate change in Asia: a review of the vulnerability and adaptation of crop production. Water, Air and Soil Pollution 92:13-27.

Intergovenmental Panel on Climate Change (IPCC). 1996. Climate Change: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate

Change: Scientific-Technical Analyses. R. T. Waston, M. C. Zingowera and R. H. Moss (eds), Cambridge University Press, Cambridge.

Jambert, C., D. Serca and R. Delmas. 1997a. Quantification of N-losses as $NH_3$, NO and $N_2O$ and $N_2$ from fertilized maize fields in southwestern France. Nutrient Cycling in Agroecosystems 48:91-104.

Jambert, C., R. Delmas, D. Serca, L. Thouron, L. Labroue and L. Delprat. 1997b. $N_2O$ and $CH_4$ emissions from fertilized agricultural soils in southwest France. Nutrient Cycling in Agroecosystems 48:105-114.

Lai, C. M. 1995. Research of greenhouse gases in Taiwan. Presented at Regional Training on Greenhouse Gas Flux Measurement, held by the CSIRO Center for Environmental Mechanics and PAGASA, Canberra, Australia, October 15-25.

Lai, C. M. and W. L. Tseng. 1996. Nitrous oxide emission from agricultural soils in northern Taiwan. Program and Abstracts of SCOPE Nitrogen Workshop, p.15, held by the National Committee for SCOPE, ROC, Taipei, Taiwan. R.O.C., July 29-Auguest 2.

Lai, C. M. ,W. L. Tseng, T. F. Chiang and R. R. Lin. 1997. Fild measurement of nitrous oxide emissions from some paddy and upland field in Taiwan. Program and Extended Abstracts of International Symposium on Atmospheric Chemistry and Future Global Enviroment. p.23. International Global Atmospheric Chemistry, Nagoya, Japan, Novermber 11-13.

Malhi, S. S. and M. Nyborg 1991. Recovery of $^{15}N$-labelled urea: influence of zero tillage, and time and method of application. Fert Res 28:263-269.

Matson, p. 1997. NOx emission from soils and its consequences for the atmosphere and biosphere: critical gaps and research directions for the future. Nutrient Cycling in Agroecosystems 48:1-6.

Minami, K. 1997. Atmospheric methane and nitrous oxide: sources, sinks, and strategies for reducing agricultural emissions. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49:230-211.

Minami, K. 1997. Mitigation of nitrous oxide emission from fertilized soils. Program and Extended Abstracts of International Symposium on Atmospheric Chemistry and Future Global Enviroment, p., held by International Global Atmospheric Chemistry, Nagoya, Japan, Novermber 11-13.

Mosier, A. R., K. F. Bronson, J. R. Freney and D. G. Keerthisinghe. 1994. Use of nitrification inhibitors to reduce nitrous oxide emission from urea fertilized soils. p. 197-207. In: Minami K., Mosier A. and Sass R. (eds) $CH_4$ and $N_2O$: Global Emissions and Controls from Rice Fields and Other Agricultural and Industrial Sources, Yokendo Publishers, Tokyo.

Mosier, A. R., J. A. Delgado, V. L. Cochran, D. W. Valentine and W. J. Parton. 1997. Impact of agriculture on soil consumption of atmospheric $CH_4$ and a comparison of $CH_4$ and $N_2O$ flux in subarctic, temperate and tropical grasslands. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49:71-83.

Rosenzweig, C. and M. L. Parry. 1994. Potential impact of climate change on world food supply. Nature 367:133-138.

Rolston, D. E., A. N. Sharpley, D. W. Toy and

F. E. Broadbent. 1982. Field measurement of denitrification. III: Rates during irrigation cycles. Soil Sci Soc Am J 46: 289-296.

Sathaye J. and S. Meyers. 1995. Greenhouse gas mitigation assessment: a guidebook, Chap. 12. Kluwer. Dordrecht.

Schlesinger, W. H. 1991. The global cycles of nitrogen and phosphorus. p. 322-335. *In*: Biogeochemistry. Academic Press, San Diego.

Scholes, R. J. and N. van Breemen. 1997. The effects of global change on tropical ecosystems. Geoderma 79:9-24.

Stooksbury, D. E. and P. J. Michaels. 1994. Climate change and large area corn yield in the southeastern United States. Agron. J. 86:564-569.

Tsuruta, H., K. Kanda and T. Hirose. 1997. Nitrous oxide emission from a paddy field in Japan. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49:51-58.

Wang F. T. and Z. C. Zhao. 1995. Impact of climate change on natural vegetation in China and its implication for agriculture. J. Biogeogr. 22:657-664.

Watanabe, T., T. Osada., M. Yoh and H. Tsuruta. 1997. $N_2O$ and NO emissions from grassland soils after the application of cattle and swine excreta. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49:35-39.

Whyte, I. D. 1995. The greenhouse effect and greenhouse gases. p.81-84. *In* : Climate Change and Human Society, Arnold, London.

Whyte, I. D. 1995. The impact of global warming on natural ecosystems and agriculture. p.141-171. *In* : Climate Change and Human Society, Arnold, London.

Wijeratne, M. A. 1996. Vulnerability of Srilanka tea production to global climate change. Water, Air and Soil Pollution 92:87-94.

Xing, G. X. and Z. L. Zhu. 1997. Preliminary studies on $N_2O$ emission fluxes from upland soils and paddy soils in China. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49: 17- 22.

Yoh, M., H. Toda, K. -I. Kanda and H. Tsuruta. 1997. Diffusion analysis of $N_2O$ cycling in a fertilized soil. Nutrient Cycling in Agroecosystem 49:23-28.

Youngdahl, L. J., M. S. Lupin and E. T. Craswell. 1986. New developments in nitrogen fertilizers for rice. Fert Res 9: 149-160.

Yue, L., L. Erda and R. Minjie. 1997. The effect of agricultural practices on methane and nitrous oxide emissions from rice field and pot experiments. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49:47-50.

# Chapter 9 The Impacts and the Adaptive Strategies of Nitrous Oxide on Crop Production

Chao-Ming Lai and Shang-Shyng Yang
Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University

## ABSTRACT

As a result of biotic and anthropogenic activities, the concentration of $N_2O$ in the atmosphere is increasing. Hence the air temperature increased due to greenhouse effect, and the crop production was affected indirectly. Literature concerning direct impacts on crop production was not found. It's adaptive strategies included match N supply with crop demand, tighten N flow cycles, use advanced fertilizer techniques, and optimize tillage, irrigation and drainage. Besides, reduced deforestation rate, reduced protein inputs in animal feed, and reduced protein consumption by society could also be considered.

**Key words**： Nitrous oxide, Crop production, Greenhouse gas, Global change, Adaptive strategies.